

DETECTOR FOR SCATTERED LASER LIGHT

Patent Number: JP58009046
Publication date: 1983-01-19
Inventor(s): KANAMORI TAKAHIRO; others: 02
Applicant(s):: HITACHI SEISAKUSHO KK
Requested Patent: ☐ JP58009046
Application Number: JP19810107079 19810710
Priority Number(s):
IPC Classification: G01N21/49
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To detect scattered laser light surely by using a photodetector arranged with photodetecting elements two-dimensionally, and recording the intensity of plasma light with respect to respective wavelengths and the intensity of scattered laser contg. this, separately.

CONSTITUTION:If writing pulses are applied to the element group #1 of a photodetector 51 arranged with photodetecting elements two-dimensionally, the plasma intensity with respect to the respective wavelengths inputted from plasma 14 through a spectroscope 16 is written into the group #1. To measure the electron temp. of the plasma 14, a laser light 12 is irradiated to the plasma 14; at the same time, the writing pulses are applied to the element group #2 to write the intensity of the scattered light including the plasma light into the group #2. The information from both element groups is analogically subtracted by a subtractor and only the intensity of the scattered laser light is drawn out and is transferred to a computer which determines the half-amplitude level of the scattering intensity and calculates the electron temp. of the plasma 14. Thus the plasma temp. is measured with high S/N ratio.



Data supplied from the esp@cenet database - I2

TOP

E 5847

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58-9046

⑤ Int. Cl.³
G 01 N 21/49

識別記号

庁内整理番号
7458-2G

⑬ 公開 昭和58年(1983)1月19日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ レーザ散乱光検出装置

① 特 願 昭56-107079
② 出 願 昭56(1981)7月10日
⑦ 発 明 者 金森隆裕
日立市森山町1168番地株式会社
日立製作所エネルギー研究所内
⑧ 発 明 者 大塚道夫
日立市森山町1168番地株式会社

日立製作所エネルギー研究所内
⑦ 発 明 者 阿部充志
日立市森山町1168番地株式会社
日立製作所エネルギー研究所内
⑧ 出 願 人 株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内1丁目5
番1号
⑨ 代 理 人 弁理士 高橋明夫

明 細 書

発明の名称 レーザ散乱光検出装置
特許請求の範囲

1. プラズマにレーザ光を照射して得られるレーザ散乱光の強度を、分光器を介して複数の波長に対応して検出し、上記レーザ散乱光のスペクトル分布を検出するレーザ散乱光検出装置において、レーザ光照射時に上記各波長ごとのプラズマからの散乱光を個別に受光してその強度を記憶する第1の受光素子群と、レーザが照射されていない時にプラズマから放射されるプラズマ光を上記各波長ごとに受光してその強度を記憶する第2の受光素子群と、上記第1および第2の受光素子群に記録された同一波長に対する情報対を上記各波長ごとに順次読み出して上記情報対ごとの差を算出することによつてレーザ照射時のプラズマ光を除いたレーザ散乱光強度のみを各波長に対して順次出力する減算手段とを備えたことを特徴とするレーザ散乱光検出装置。

2. 特許請求の範囲第1項記載のレーザ散乱光検

出装置において、前記第1および第2の受光素子群を二次元的に配置された固体撮像素子により構成するとともに、該第1および第2の受光素子群にクロック信号を与えることによつて該第1および第2の受光素子群の隣接する波長に対する記録情報を対応する上記固体素子間で順次転送しながら読み出すように制御するクロック回路を備えたことを特徴とするレーザ散乱光検出装置。

3. 特許請求の範囲第1項および第2項記載のレーザ散乱光検出装置において、前記第2の受光素子群を上記各波長ごとに複数の受光素子が対応するように複数の部分受光素子群によつて構成するとともに、該複数の部分受光素子群に異なつた時点に記録された前記プラズマ光強度の平均値あるいは該プラズマ光強度のプラズマ照射時点における内挿による推定値を各波長に対して順次算出するプラズマ光強度算出手段を設け、前記減算手段は前記第1の受光素子群に記録された情報と上記プラズマ光強度算出手段の出力の差を各波長に対して算出するように構成したことを特徴と

するレーザ散乱光検出装置。

発明の詳細な説明

本発明はレーザ散乱光検出装置に係り、特にプラズマの電子温度を測定するに好適なレーザ散乱光検出装置に関するものである。

核融合装置等におけるプラズマの電子温度の測定は、レーザ光をプラズマに照射し、その散乱光のスペクトルの広がりから求めるという方法が用いられる。

第1図はレーザ散乱光計測系の幾何学的配置図を示したものである。レーザ発振器11からのレーザ光12はレンズ、ミラー等より成る光学系13を通してプラズマ14に入射される。プラズマ14からの散乱光15を、例えば分光器16等で分光し、そのスペクトルを観測する。

第2図はこの計測系で得られる散乱スペクトル21(縦軸は散乱光強度、横軸は相対波長)を示すもので、例えばレーザ光12に6943Åのルビレーザを使用し、散乱角 $\theta = 90^\circ$ とすると、散乱スペクトル21の全半値幅 $\Delta\lambda_{1/2}$ (Å)は、電

子の速度分布がマックスウェル分布をしている場合、

$$\Delta\lambda_{1/2} = 3.23 \quad T. \quad \dots\dots(1)$$

と表わせる。ここでT.は電子エネルギー単位(eV)で表わしたプラズマ14の電子温度である。したがって散乱スペクトル21の全半値幅 $\Delta\lambda_{1/2}$ を測定すれば、式(1)からプラズマ14の電子温度T.が計測できる。

ところで、散乱の断面積は約 $6 \times 10^{-23}(\text{cm}^2)$ と非常に小さな値であるため、プラズマ14の散乱計測に使用するレーザ11のパワーは500MW程度が必要である。一方、散乱光測定時には散乱光と同時にプラズマ光が測定されてしまい、これが散乱光に対するバックグラウンドノイズとなる。このプラズマ光は電子の制動輻射により発生するもので、通常かなり大きな光量をもつ。したがって散乱計測系の光学系をうまく設計し、上述のよう大出力レーザを使用したとしてもSN比は1~10程度の値しか取れない。

このため、散乱光に対するノイズ源となるプラ

ズマ光の影響を除去する必要があるが、その従来の方法を第1図、第3図、第4図に基づいて説明する。第3図は分光器16から後の従来の信号処理回路を示すブロック図であり、さらに第4図はプラズマの状態を示すパラメータとして、プラズマ電流 I_p の時間 t に対する変化を示すものである。

プラズマ14の状態が大きく変化しない時刻、例えば第4図における時刻 t_0 にレーザ光12をプラズマ14中に発射したとする。散乱光15は分光器16に入射され、分光された光は、例えば光電子増倍管等の光電変換素子17(これは各スペクトル成分ごとに設けられる)で電気信号に変換される。変換された電気信号はその後、信号処理回路36内のアナログ・デジタル変換器32でデジタル化され計算機35で処理され、第2図に示すような散乱スペクトル21を得る。

ここで前述のように、使用するレーザ11には大出力のものが必要で、このようなレーザ11の発振時間 Δt はせいぜい数10ns程度と非常に

短い。したがって Δt の時間内にアナログ・デジタル変換器32でデジタル変換をすることは不可能である。例えば変換精度を12ビット程度とすれば、現在得られる最高の変換速度は1 μ s程度である。そこで一般に光電変換素子17とアナログ・デジタル変換器32との間には高速のサンプルホールド31が用いられる。しかしこのサンプルホールド31も数nsでアナログ量をサンプルしなければならず、特殊なものを用意しなければならなかつた。

一方、散乱光のSN比を上げるためにこれらのサンプルホールド31、アナログ変換器32を備えたもう一つの信号処理回路37を用意し、この系統をプラズマ光測定専用に使いる。すなわち、第4図においてプラズマの状態が変化する時間を τ として

$$\tau \text{に} t_0 - t_1 \quad \dots\dots(2)$$

で計算される時刻 t_1 に、信号処理回路37を動作させてプラズマ光を測定する。 τ は例えば、msオーダーである。次に時刻 t_0 においてレーザ

光¹²を照射し、散乱光15とプラズマ光の加算された光を信号処理回路36で測定する。次に計算機35で、回路36で得られた強度から回路37で得られた強度を減算してレーザ散乱光のみの強度を算出する。

しかるに、第2図に示すような散乱スペクトル21の形状を観測するためには、通常、光電変換素子17が10台程度必要である。このために第3図に示した信号処理回路は、20系統程度必要となり、このため散乱計測システムそのものが複雑となるばかりでなく、コスト的にも不利であるという欠点が存在していた。

本発明の目的は、上記した従来技術の欠点をなくし、簡単な回路によりレーザ散乱光を確実に検出できるレーザ散乱光検出装置を提供するにある。

本発明は、二次元的に受光素子が配列された光検出器を用い、各波長に対するプラズマ光(ノイズ)強度とそれを含んだレーザ散乱光強度を別々の受光素子に記録し、各波長ごとの対応するプラズマ光強度とそれを含んだ散乱光強度を順次とり

出して1組の信号処理手段により各波長に対するレーザ散乱光強度をシリアルに検出するようにしたことを特徴とするものである。

以下、本発明を実施例を参照して詳細に説明する。第5図は本発明の一実施例を示すもので、二次元的に受光素子の配列された光検出器51と、これの書き込み読み出しを制御するセル制御装置71およびクロック回路72、検出器51の出力を処理する減算器73、アナログ・デジタル変換器32、および計算機35から構成されている。

検出器51は、第6図に示したように二次元的に配列された受光素子52より構成される。受光素子52としては、固体撮像素子、例えば電荷結合素子(CCD)や、シリコンターゲット(SIT)等を用いてる。これ等の撮像素子はいずれも素子に加える電圧を制御することで素子に入射する光を書き込んだり、外部へ読み出すことが可能な素子である。また、検出器51は分光器16(第1図)の出口窓に直接取り付けられてあり、第6図の横方向の各受光素子52(列番1~nに対応)

は分光された各波長に対応している。そして#1の素子群(第6図上の横1行)を例えばプラズマ光測定用に、#2の素子群(第6図下の横1行)をプラズマ光を含む散乱光用に用いる。

第7図は本実施例の動作を表わすタイムチャートで、以下本実施例の動作を説明する。まず、第4図においてプラズマ光のみを時刻 t_1 で測定するとすると、素子制御装置71から時刻 t_1 で#1の素子群に第7図に示す書き込みパルス61を与える。この操作を行うことで、#1の素子群には各波長に対するプラズマ光の強度が書き込まれる。次に、プラズマ14の電子温度を測定しようとする時刻 t_2 でレーザ光12をプラズマ14に照射し(第1図)、同時に#2の素子群に素子制御装置71から書き込みパルス62を与え、プラズマ光を含む散乱光強度を#2の素子群に書き込む。ここで、各受光素子群を受光状態にする時間 Δt (通常、数10ns)を等しく取り、さらに時間 $\tau = t_2 - t_1$ (通常、数ms)でプラズマ状態が大きく変化しないとする。

この2回の書き込みが終ると、クロック回路72から、第7図のような読み出しパルス63、64が、各素子群の列番号1, 2, ..., nの素子に加えられる。ここでCCD等の固体撮像素子はシフトレジスタとして動作するので、例えば第1番目の読み出しパルス631, 641により第6図の第1列目の情報651, 661が検出器51から出力される。以下、同様にして、第7図のように各素子群からの出力信号65, 66が第7図のように時系列的に読み出される。したがって各読み出しパルス63, 64が印加されるたびに、両素子群からの情報65, 66を減算器73によつてアナログ減算してレーザ散乱光強度Pのみを取り出し、アナログ・デジタル変換器32でデジタル化して計算機35に転送する。転送された情報は直接、散乱光強度を示しているので計算機35は、散乱強度の半値幅を見付け出し、式(1)に基づいてプラズマ14の電子温度を算出する。

以上の実施例で使用する検出器51の大きさは、

分光器16の逆分散と、測定すべきプラズマ14の電子温度から決まる。例えばプラズマ14の電子温度 $T_e = 100 \text{ eV}$ とすると、式(1)からスペクトル21の全半値幅は、 $\Delta\lambda_{1/2} = 3.23 \text{ \AA}$ であり、分光器16の分散逆数を 60 \AA/mm とすれば検出器51の大きさとしては約5 mmである。さらにスペクトル21を例えば10点で観測したとすると、検出器51内の受光素子52の大きさは、約0.5 mmであり、このような受光素子52は十分実現可能である。さらに光電変換のための制御系およびその後の処理系は1組でよく、極めて簡単な回路構成とすることができる。

第8図は本発明の第2の実施例を示すもので、第5図の実施例と異なる点は、光検出器51が、第9図に示すように3個以上($\#1 \sim \#n$)の素子群から構成されており、これに対応して平均値回路90が付加されていることである。この構成によれば、例えば、3の素子群をプラズマ光を含む散乱光用に用い、残りの($n-1$)個のセル群はすべて散乱光の背景光となるプラズマ光測定

用に使用する。プラズマ光が測定時間内で大きく変化しない場合には、単に、これ等複数のプラズマ光用の素子群に書き込まれたプラズマ光の算述平均を平均値回路90で取ることにより、プラズマ光の測定精度を向上させることができ、さらに高いS/N比で散乱光が測定できる。

また、プラズマ光の時間的な変化を考慮する必要がある場合には、 $\#3$ を除く $\#1, \#2, \#4, \dots, \#n$ の素子群に、異なつた時間にプラズマ光の強度を書き込み、これらの値から $\#3$ の素子群に書き込まれた時点のプラズマ光強度を内挿等により算出する。このためには第8図の平均値回路90を内挿等の演算を行う回路におきかえることによつて実現でき、 $n-1$ 個の素子群($\#3$ を除く)の書き込み時点を適当にとれば、プラズマ光の時間的な変化があつても、プラズマ光の影響を正確に除去して、S/N比の高いプラズマ温度の測定が可能となる。

以上に説明したごとく、本発明によれば、レーザ散乱光強度を別個の受光素子出力からシリアル

にとり出して算出できるから、減算器を含んだ信号処理回路を単純化することができ、また従来のように高速のサンプルホールド等の特殊な素子を用いる必要もない。

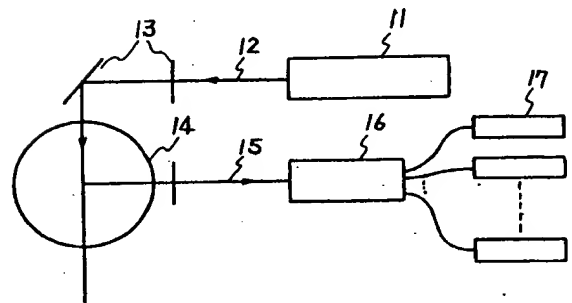
図面の簡単な説明

第1図はレーザ散乱光計測系の配置を示すブロック図、第2図は散乱スペクトルの一例を示す図、第3図は従来の信号処理系を示すブロック図、第4図はプラズマ電流の時間変化を示す図、第5図および第6図は本発明の一実施例および光検出器の構成を示す図、第7図は第5図の実施例の動作を示すタイムチャート、第8図および第9図は本発明の別の実施例およびそれに対応する光検出器の構成を示す図である。

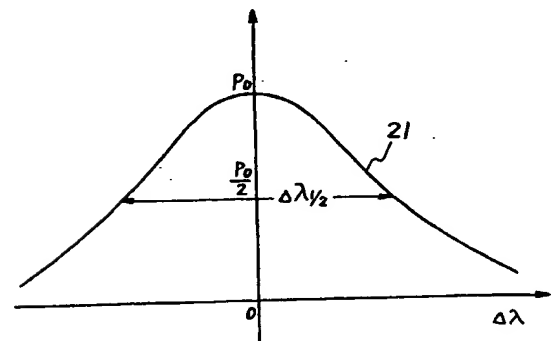
14…プラズマ、15…散乱光、16…分光器、21…スペクトル、51…受光素子群、52…受光素子、71…セル制御装置、72…クロック回路、73…減算器、90…平均値回路。

代理人 弁理士 高橋明夫

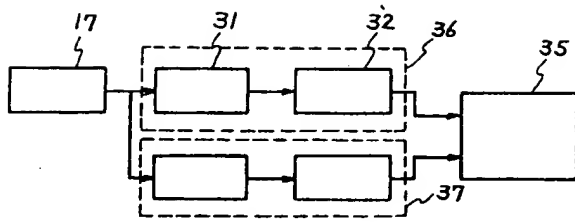
第 1 図



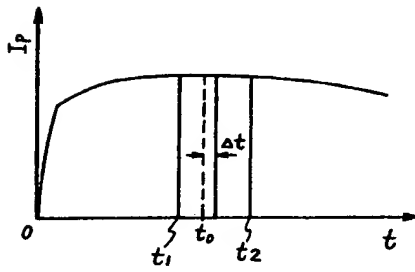
第 2 図



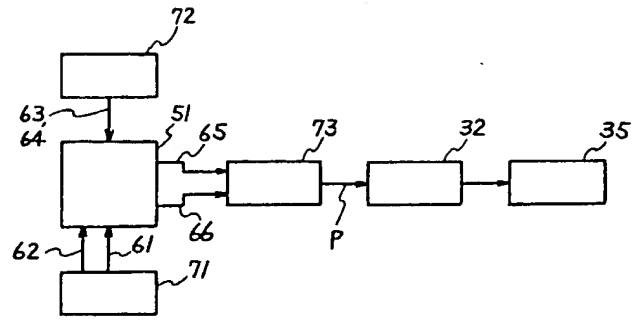
第 3 図



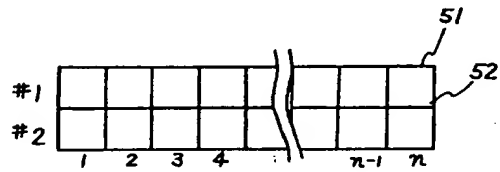
第 4 図



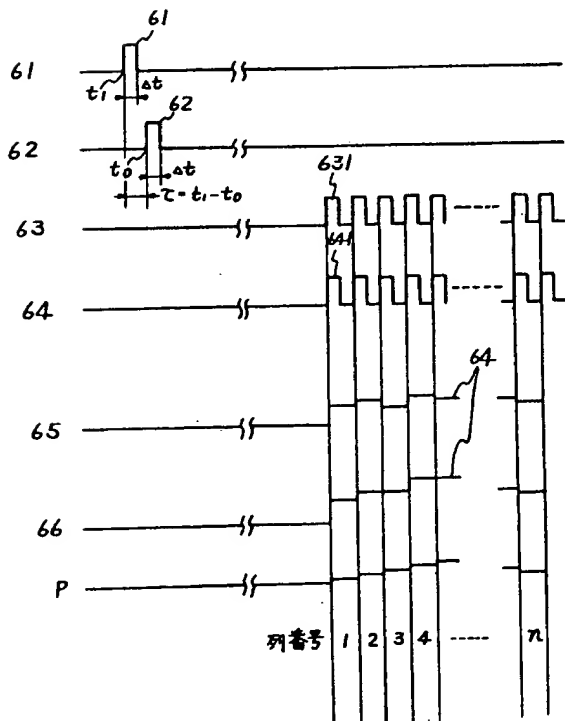
第 5 図



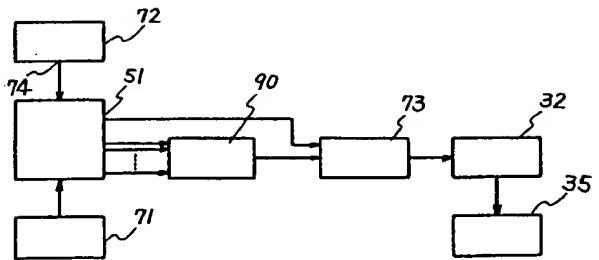
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

